

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年5月21日 (21.05.2004)

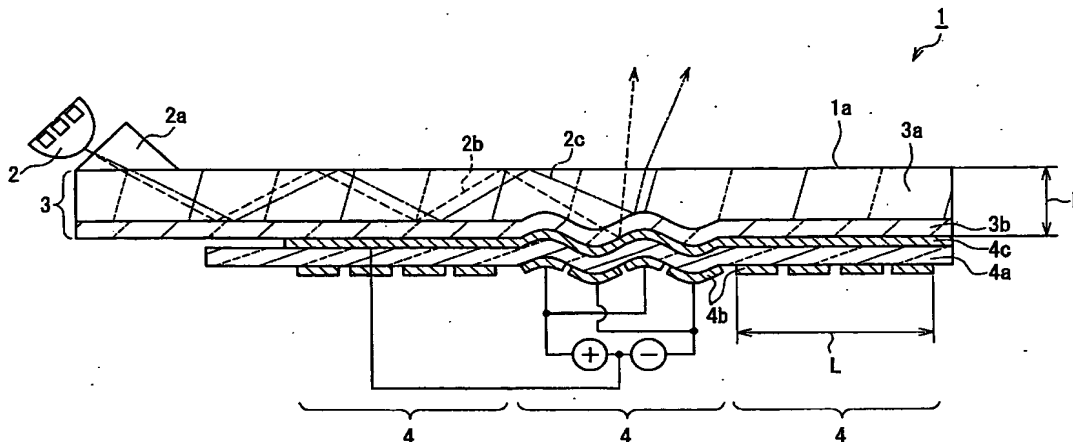
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/042449 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 26/08 吹田市 西御旅町 8-1-1101 Osaka (JP). 西山 誠司 (NISHIYAMA, Seiji) [JP/JP]; 〒573-0163 大阪府 枚方市 長尾元町 7-4-45 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014047
- (22) 国際出願日: 2003年11月4日 (04.11.2003) (74) 代理人: 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ (IKEUCHI SATO & PARTNER PATENT ATTORNEYS); 〒530-6026 大阪府 大阪市 北区天満橋1丁目8番30号OAPタワー26階 Osaka (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.
- (30) 優先権データ: (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 特願2002-320895 2002年11月5日 (05.11.2002) JP
特願2003-131340 2003年5月9日 (09.05.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市 大字門真1006番地 Osaka (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 脇田 尚英 (WAKITA, Naohide) [JP/JP]; 〒564-0034 大阪府
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: DISPLAY ELEMENT AND DISPLAY USING SAME

(54) 発明の名称: 表示素子およびそれを用いた表示装置



(57) Abstract: A display element has a light source and a waveguide for propagating light emitted from the light source. The light propagated through the waveguide is taken out of the side face of the waveguide to the outside. By varying the shape of the side face of the waveguide, light is taken out of the side to the outside.

(57) 要約: 光源と、光源から出射された光を伝播させる導波路とを備え、導波路中を伝播している光を導波路側面より外部へ取り出す表示素子であって、導波路側面の形状を変化させることで、光を導波路側面から導波路外部へ取り出す表示素子。

明 細 書

表示素子およびそれを用いた表示装置

技術分野

本発明は、導波路を伝播する光を導波路側面から取り出すことにより
5 表示を行う表示素子およびそれを用いた表示装置に関する。

背景技術

導波路中を伝播する光を導波路の側面から取り出す表示装置は、例えば、特開平 7-287176 号公報（特に、第 6～第 7 頁および図 1～図
10 20）や、特開平 11-202222 号公報（特に、第 3～第 4 頁、段落
（0010）および図 2）に開示されている。これらの表示装置は、光取り出し部に接続されている、セラミックの圧電体膜からなるアクチュエータ部を備えている。アクチュエータ部に電圧を印加することで、アクチュエータ部の静止と変位を行い、光取り出し部を光導波路に接触または離隔して、光導波路の側面からの漏光を制御して取り出す。
15

上述の方式を用いて、大型表示パネルとして表示装置が実用化されている。商品化されたものが、例えば、「セラムビジョン、セラムボードのカタログ、[平成 14 年 7 月 25 日検索]、インターネット<<http://www.ngk.co.jp/ELE/product/07/index.html>>（第 5 頁左下欄）」に記載されている。
20

従来のディスプレイにおいては、導波路と光取り出し部とを光の波長以下の距離で接触させることにより、導波路内を全反射して伝播していた光を導波路の側面から外へ漏光させる。つまり、いわゆるエバネッセント波を取り出すものである（特に、特開平 7-287176 号公報の段

落(0009)および特開平11-202222号公報の請求項1参照)。つまり、特開平7-287176号公報の図1および図4などに示されているように、平板状の導波路に、変位伝達部(光取り出し部)のフラットな表面が接触するか否かで導波路側面からの光の取り出しを制御する。

また、特開平11-202222号公報の図3には、全反射面で全反射している光のエバネッセント光を、全反射面に近接させた抽出面で抽出する際の、光の透過率が示されている。これによると、全反射面への入射角が $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の場合の光において、全反射面と抽出面との距離が $0.1 \sim 0.05 \mu\text{m}$ で、透過率が50%程度になることが示されている。

また、例えば、「X. Zhou, E. Gulari, "Waveguide Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators", SID 98 DIGEST, 1022頁~1025頁、1998年」には、アクチュエータ部として、ポリイミドのフィルムに金属電極膜を形成した静電アクチュエータを用い、LEDを光源とした表示装置が開示されている。この表示装置は、光取り出し部の幅が 0.23 mm に対して、導波路の厚みが 0.5 mm である。また、導波路の表面はITO膜で、これと接する光取り出し部の表面には、ポリイミドに散乱性を与える二酸化チタン粒子を混ぜた膜を電極上に形成したものが形成されており、この膜はポリイミドより硬い複合素材となっている。

上述の従来の表示装置では、導波路中を伝播する光の導波路から取り出す効率が低い。さらに、光取り出し部を導波路へ押し付ける圧力が大きくなないと、取り出された光の明るさが不十分であり、かつ不均一であった。

発明の開示

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであって、導波路中を伝播する光を導波路の側面から高効率で取り出すことのできる表示素子および表示装置を提供することを目的とする。

5 本発明の表示素子は、光源と、前記光源から出射された光を伝播させる導波路とを備え、導波路中を伝播している光を導波路側面より外部へ取り出す表示素子であって、前記導波路側面の形状を変化させることで、前記光を前記導波路側面から前記導波路外部へ取り出すことを特徴とする。

図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る表示素子の構成を示す断面図である。
- 15 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る表示装置の構成を示す斜視図である。
- 図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る表示装置の構成を示すブロック図である。
- 図 4 は、本発明の実施の形態 2 に係る表示素子の構成を示す断面図である。
- 20 図 5 は、本発明の実施の形態 3 に係る表示素子の構成を示す断面図である。
- 図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る表示装置の構成を示す斜視図である。
- 25 図 7 は、本発明の実施の形態 3 に係る表示装置の構成を示すブロック図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 4 に係る表示素子の構成を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

- 5 本発明の表示装置は、導波路側面の形状を変化させることで、導波路中を伝播している光を導波路側面から取り出すので、伝播している光を高効率で取り出すことができる。それにより、明るく、均一な表示が可能である。

- 10 また、好ましくは、前記導波路の形状を変形させる複数のアクチュエータをさらに備え、前記アクチュエータを選択的に動作させることにより、前記導波路側面の形状を変化させて、前記光を前記導波路側面から前記導波路外部へ取り出す。それにより、導波路中を伝播している光を高効率で取り出すことができる。

- 15 また、好ましくは、前記導波路は、コアおよび前記コアの一つの側面に沿って形成されたクラッドを備え、前記アクチュエータは、前記クラッドに貼付されていて、前記アクチュエータの変形により、前記導波路側面の形状を変化させる。それにより、導波路中を伝播している光を高効率で取り出すことができる。

- 20 また、好ましくは、前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を導波路外部へ取り出す。それにより、確実に光を取り出すことができる。

また、好ましくは、前記アクチュエータは、前記導波路側面に貼付されていて、前記アクチュエータの変形により、前記導波路側面の形状を変化させる。それにより、容易に光を取り出すことができる。

- 25 また、好ましくは、前記アクチュエータは、圧電素子を含み、前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記圧電素子を変形させて、前記

導波路側面の形状を変化させる。それにより、高速に動作するアクチュエータを形成できるので、高精度の画像表示にも対応できる。

また、好ましくは、前記アクチュエータは、前記導波路側面に設置された第1電極膜と、前記電極膜に積層された圧電素子と、前記圧電素子に積層された第2電極膜とを備え、前記導波路側面に設置された前記第1電極膜と前記圧電素子に積層された前記第2電極膜との間に電圧を印加することにより、前記圧電素子を変形させて、前記導波路側面の形状を変化させる。それにより、小さな外力で、高効率な光の取り出しができる。

10 また、好ましくは、前記アクチュエータは凸部を備え、前記導波路の側面を前記凸部で押圧することにより、前記導波路側面の形状を変化させる。それにより、容易に高効率な光の取り出しができる。

また、前記アクチュエータは、前記導波路側面に設置された電極膜と、前記導波路に対向して、近接している外部電極膜とを備え、前記外部電極膜と前記電極膜との間に電圧を印加することにより生じる静電力により、前記導波路側面の形状を変化させる。それにより、容易に高効率な光の取り出しができる。

前記外部電極膜は、前記導波路側面側に凸部を有し、前記静電力により、前記外部電極膜の前記凸部が、前記導波路側面を押圧することで、
20 前記導波路の形状を変化させる。それにより、高速に動作するアクチュエータを形成できるので、高精度の画像表示にも対応できる。

また、好ましくは、前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を導波路外部へ取り出す。それにより、確実に光を取り出すことができる。

25 また、好ましくは、前記導波路の少なくとも一部が弾性体からなる。それにより、小さな外力で高効率な光の取り出しが可能である。

また、好ましくは、前記導波路の少なくとも一部が透明なゲルからなる。それにより、小さな外力で高効率な光の取り出しが可能である。

また、好ましくは、前記アクチュエータが画素ごとに形成されている。それにより、アクティブマトリクスによる表示が可能である。

- 5 また、好ましくは、前記導波路は、その側面に導波路電極膜を備え、前記導波路電極膜に対向する対向電極膜と、前記導波路電極膜と前記対向電極膜間に配置された微粒子とを備え、前記導波路電極膜と前記対向電極膜との間に電圧を印加することで、前記微粒子を前記導波路電極膜に接触させて、前記光を前記導波路側面から前記導波路外部へ取り出すことができる構成である。このような構成であるため、前記微粒子を前記導波路電極膜に接触させることにより、前記微粒子と前記導波路とを一体化させることができ、前記導波路側面の形状を変化させて、前記光を前記導波路側面から前記導波路外部へ取り出すことができる。それにより、より均一で小さい圧力をかけるだけで、高効率な光の取り出しが可能である。
- 10
- 15

また、好ましくは、前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を導波路外部へ取り出す。それにより、確実に光を取り出すことができる。

- また、好ましくは、前記微粒子は帯電している。それにより、微粒子を静電力で制御することができるので、容易に制御することができる。
- 20

また、好ましくは、前記微粒子は磁性を有している。それにより、微粒子を静電力で制御することができるので、容易に制御することができる。

- また、好ましくは、前記導波路電極膜の表面張力と前記微粒子表面の表面張力とが互いに異なる。それにより、導波路電極膜に微粒子が接触しやすくなる。そのため、低電圧で微粒子の接触および非接触を制御で
- 25

きる。

また、前記導波路電極膜には、塗布材料が塗布されている。それにより、導波路電極膜に微粒子が接触しやすくなる。そのため、低電圧で微粒子の接触および非接触を制御できる。

- 5 また、好ましくは、前記導波路電極膜および前記対向電極膜が、画素ごとに設けられている。それにより、アクティブマトリクスによる表示が可能である。

また、前記微粒子は、蛍光性を有している。それにより、光源からの光の波長を変えることで、様々な波長の光を取り出すことができる。

- 10 また、前記光源は、紫外光を発光する。それにより、光源が1種類のLEDであっても、RGB表示をすることが可能である。

また、前記光源は、3色LEDまたは3色レーザである。それにより、導波路の数を減らすことができる。

- また、本実施の形態の表示装置は、好ましくは、上記の表示素子と、
- 15 前記光源を駆動させる前記光源駆動回路と、前記アクチュエータを駆動させるアクチュエータ駆動回路と、前記光源駆動回路および前記アクチュエータ駆動回路を制御する制御回路とを備えている。それにより、低電力化、高輝度化および均一表示が可能な表示装置が実現される。

- また、好ましくは、上記の表示素子と、前記光源を駆動させる前記光源駆動回路と、前記導波路電極膜と前記対向電極膜との間に電圧を印加する微粒子駆動回路と、前記光源駆動回路および微粒子駆動回路を制御する制御回路とを備えている。それにより、低電力化、高輝度化および均一表示が可能な表示装置が実現される。
- 20

- また、好ましくは、上記の表示素子と、前記各アクチュエータをそれぞれ制御するアクティブマトリクス素子とを備えている。それにより、
- 25 アクティブマトリクスによる表示装置が実現される。

また、好ましくは、上記の表示素子と、前記各導波路電極膜と前記各対向電極膜間の電圧をそれぞれ制御するアクティブマトリクス素子とを備えている。それにより、アクティブマトリクスによる表示装置が実現される。

- 5 また、前記アクティブマトリクス素子は、T F TまたはT F Dとすればよい。

以下、本発明の実施形態のさらに具体的な例について図を用いて説明する。

(実施の形態 1)

- 10 本発明の実施の形態に係る表示素子および表示装置について図を用いて説明する。図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る表示素子 1 の構成を示す断面図である。実施の形態 1 の表示素子 1 は、光源 2 と、光源 2 から出射された光を伝播させる導波路 3 と、導波路 3 の形状を変形させる複数のアクチュエータ 4 とを備えている。

- 15 導波路 3 は、光が伝播するコア 3 a とクラッド 3 b とを備えている。クラッド 3 b は、コア 3 a の一方の面に沿って設置されている。クラッド 3 b の逆側の面にはクラッドは設置されていず、空気がクラッドとなっている。光が伝播するコア 3 a としては、例えば、非常に柔らかい素材であるシリコーンゲルの 1 0 0 μ m 厚のシートを用いればよい。クラッド 3 b としては、例えば、屈折率の低い透明なフッ素系ポリマーを用いればよい。コア 3 a は 1 0 μ m の厚みのクラッド 3 b でコートされている。

- 20 光源 2 は、導波路 3 の端部に設置されていて、光源 2 から出射された光が導波路 3 に結合するような向きに、光源 2 が設置されている。光源 2 としては、例えば、3 色 L E D を用いることが好ましい。3 色 L E D は、
25 R G B 3 色の L E D チップが 1 つのランプに収納された構造で、各々の色を独立に制御できる。L C D や P D P を用いた従来のフラットパネル

ディスプレイにおいては、RGB 3色の画素はストライプ状に分離されていた。しかし、実施の形態1のように、3色LEDを用いることで、一本の導波路3にRGB 3色の光を入射させることができるため、一本の導波路3にRGB 3色のいずれかを発光させることができる。なお、

5 光源2からの光が、導波路3が薄い場合でも入射しやすいように、導波路3の入射個所にプリズム2aを設置し、光学的に結合させることが好ましい。

アクチュエータ4は、圧電素子4aと、圧電素子4aのそれぞれ対向する面に設置された電極膜4bおよび電極膜4cとを備えている。アク

10 チュエータ4は、導波路3のクラッド3b側の側面に貼付されている。圧電素子4aは、例えばポリフッ化ビニリデン(PVDF)とし、その両面に、例えば銀ペーストを塗布することで、複数の電極膜4bおよび電極膜4cを形成すればよい。アクチュエータ4は導波路3の側面つまり

クラッド3bに粘着剤で貼付されている。各電極膜4bは、幅70 μ m

15 であり、ピッチ90 μ mのストライプ状に形成されている。なお、このストライプは、図1において紙面に対して垂直な方向に伸びる形状である。このうち、電極膜4bが4本のストライプで1つのアクチュエータ4が構成されている。また、電極膜4bに対向する電極膜4cは導波路3に対して一様に広がるペタ塗りであって、複数のアクチュエータ4に

20 対して共通化されている。

図1に示している表示素子1の導波路3の側面から光を取り出す方法について説明する。導波路3に設置されたアクチュエータ4の4本のストライプである電極膜4bに、交互に正と負の電圧を印加する。それにより、正の電圧が印加した電極膜4bが設置されている個所の圧電フィルム4aが縮み、負の電圧が印加した電極膜4bが設置されている個所の圧電フィルム4aが伸びる。クラッド3bの長さは一定であり変化し

25

ないため、図 1 に示しているようにアクチュエータ 4 が、交互に上に凸および下に凸となりうねる。つまり、アクチュエータ 4 が波状になる。それにより、クラッド 3 b もアクチュエータ 4 と同一形状に変形し、コア 3 a のクラッド 3 b 側の表面も変形する。

- 5 電圧が無印加の場合は、クラッド 3 b と圧電フィルム 4 a の長さが同じであるため、アクチュエータ 4 は平面形状である。

このように、電極膜 4 b および電極膜 4 c 間に印加する電圧を選択的に制御することで、導波路 3 の側面の形状を変化させることができる。

導波路 3 には、光源 2 から出射された所望の色の光が伝播している。

- 10 ここで、電圧を選択的に印加することで、導波路 3 において、コア 3 a のクラッド 3 b 側の表面の所望の個所に凹凸を発生させると、導波路 3 中を伝播してきた光のうち例えば、一点鎖線で表した光 2 c は、コア 3 a 表面の角度が変化しているため、全反射したのち導波路 3 の側面（導波路 3 のアクチュエータ 4 が設置されていない側）から導波路 3 外部に
15 出射される。また他の破線で表した光 2 b は、導波路 3 が変形していることにより、コア 3 a およびクラッド 3 b を透過して、銀である電極膜 4 c で反射することにより、散乱反射して導波路 3 の側面導波路 3 外部に出射される。

- 20 このようにして、電圧の印加を制御し、導波路 3 に入射する光源 2 からの出射光の色を制御することで、表示素子 1 の導波路 3 の側面（表示面 1 a）から所望位置および所望の色の光を取り出して、表示することができる。

- また、アクチュエータ 4 への印加電圧が大きいほど導波路 3 の変形が大きくなる。測定によると、印加電圧をゼロから徐々に大きくするにつれて取り出し光の輝度増加が認められた。印加電圧が±30ボルト程度
25 で輝度は飽和し、導波路 3 に入射させた光源 2 からの光の80%以上を

外部へ取り出すことができた。

光源 2 としては出射光の指向性が高いものが、効率よく光を取り出すためには好ましい。図 1 の表示面 1 a において、導波路 3 において、コア 3 a と空気との界面での全反射角は約 60° である。したがって、導波路 3 中を伝播している光の、表示面 1 a の法線に対する角度（入射角）が臨界角である 41.8° より小さい場合は、光は導波路 3 から漏れる。逆に入射角が大きくなり、光の進行方向が導波路 3 に平行に近づくと、コア 3 a 中では全反射を繰り返し、その全反射個所同士の間隔が非常に大きくなり、光を取り出したい個所を飛び越してしまい、効率の低下および輝度ムラの発生を招く。

これらの理由から、光源 2 から出射される光の導波路 3 への入射角は臨界角 41.8° より大きい、なるべく臨界角 41.8° に近い角度にある、指向性の高い光が好ましい。例えば、光源 2 が LED の場合は、モールドするレンズの形状によって指向性を変えることができるので、3 色 LED である光源 2 の出射光角度分布の半値幅を約 10° とした。

なお、LED 以外の光源 2 を使うことも可能である。例えば、有機 EL パネルにマイクロレンズアレイを付けることで指向性を上げた光源 2 を用いてもよいし、半導体レーザを光源 2 として用いることも可能である。

また、導波路 3 の厚みは厚すぎると、導波路 3 中を伝播する光が表示面 1 a（導波路 3 および空気界面）で全反射を繰り返し、その全反射個所同士の間隔が非常に大きくなる。そのため、伝播光がアクチュエータ 4 の設置個所（画素）を飛び越えてしまい、取り出すことができない光線が生じる。そのため、導波路 3 の厚みは厚すぎないほうが好ましい。

具体的には、図 1 において、導波路 3 の厚み D は、アクチュエータ 4 による導波路 3 の変形部分の長さ L（導波路 3 中の光の伝播方向におけ

るアクチュエータ 4 の長さ) の $1/2$ 以下とするのが取り出し効率の点から好ましい。

- 導波路 3 の厚みは、画素数と表示画面のサイズにより決まる。アクチュエータ 4 による導波路 3 の変形部分の長さ L は、表示素子 1 において、
- 5 一つの画素の横方向の長さ（導波路 3 中の光の伝播方向）にあたる。例えば、以下で説明する表示素子 1 を用いた表示装置 100 が、その表示サイズが 60 インチから 100 インチの HDTV であるとする。その場合、例えば、一つの画素の大きさは、縦 $230.6 \mu\text{m}$ × 横 $691.8 \mu\text{m}$ ~ 縦 $384.3 \mu\text{m}$ × 横 $1153 \mu\text{m}$ 程度である。なお、縦は導波
- 10 路 3 中の光の伝播方向に対して垂直方向の長さであり、横は導波路 3 中の光の伝播方向の長さである。このときの導波路 3 の厚み D は、 $345.9 \mu\text{m}$ 以下 ~ $576.5 \mu\text{m}$ 以下が望ましい。導波路 3 の厚み D は、アクチュエータ 4 による導波路 3 の変形部分の長さ L （導波路 3 中の光の伝播方向におけるアクチュエータ 4 の長さ）の $1/2$ 以下が望ましい。
- 15 一方、導波路 3 の厚みが薄すぎると、導波路 3 で伝播できる光の角度が限定され、伝播光がシングルモードに近づくため、伝播する光量が減少する。また、導波路 3 の厚みが薄すぎると光が入射しにくくなる。そのため、コア 3a の厚みは、少なくとも $30 \mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。
- 20 図 2 を用いて、実施の形態 1 に係る表示装置 100 について説明する。図 2 は、実施の形態 1 に係る表示装置 100 の構成を示す斜視図である。上述の表示素子 1 を、導波路 3 中の光の伝播方向に対して垂直であって、各表示素子 1 の表示面 1a が同一面上にあるように複数並べることで、表示装置 100 を構成することができる。図 2 に示しているように、実施
- 25 の形態 1 の表示装置 100 において、表示素子 1 の導波路 3 は、画面の列方向（X 方向）に n 列並んで配置されている。なお、 n は自然数である。

各導波路 3 の端部には、それぞれ光源 2 が配置されていて、各導波路 3 には、アクチュエータ 4 が導波路 3 の伸びている方向である行方向(Y 方向)に、m 行分配置されている。この表示装置 100 の画素数は、 $n \times m$ 個である。

- 5 実施の形態 1 の表示装置 100 は、線順次にアクチュエータ 4 を動作させて導波路 3 の側面を変形させ、全反射により導波路 3 中を伝わる光の反射する方向を変えることにより光を導波路 3 内から取り出し、表示面 1 a から出射させる。

- 10 このような構成の表示装置 100 は、表示画面(X Y 面)の列方向に伸びた各々の導波路 3 に対応する光源 2 である 3 色 LED の各色チップへの印加電圧を、電極膜 4 b と電極膜 4 c とで取り出しを選択した行と交差する画素の色、輝度情報に基づいて制御することにより、任意の画像を表示することができる。

- 15 実施の形態 1 の表示装置 100 の構成を示すブロック図を図 3 に示している。図 3 は、表示装置 100 を実際に作動させるための具体的な構造である。表示装置 100 は、上述した以外に各光源 2 を駆動させる光源駆動回路 50 と、各電極膜 4 b および 4 c に電圧を印加してアクチュエータ 4 を動作させるアクチュエータ駆動回路 51 と、これらの回路を同期させて、信号を入力し画像を表示させる制御回路 52 とを備えている。
- 20 制御回路 52 は、アクチュエータ駆動回路 51 で選択した行の画素の RGB 各色の輝度情報を、光源駆動回路 50 のドライバー LSI に入力し、光源駆動回路 50 は輝度情報に応じた印加電圧を光源 2 に入力することで、フルカラーの画像表示が可能となる。

- 25 光源 2 として、3 色 LED を用いたので、1 本の導波路 3 に 3 色の光を入射させることができる。それにより、1 つの表示素子つまり、1 行で 3 色の光を表示することができる。液晶や PDP などの従来の表示

装置では、画素はRGBの3原色のサブピクセル3つから構成されていた。しかし、実施の形態1の導波路3を用いた表示装置では、列方向に伸びた導波路3は必ずしも色毎に分ける必要はなく、1本の導波路3に3原色を入射することができるので、導波路3（表示素子1）の数を減らすことができ、コスト低減の効果がある。

表示装置100の各表示素子1において、アクチュエータ4に±30Vの電圧を順次印加していくことで、面状に均一な明るい表示が確認できた。従来のエバネッセント波により光を取り出す構成では、クリーンルームでも多数存在するサブミクロンサイズの埃の影響などで、導波路と光取り出し面の距離をゼロにすることはできなかった。そのため、かなりの圧力で導波路に光取り出し面を押し付けても、高い取り出し効率を得ることは容易でなかった。

しかし、実施の形態1の表示装置100の各表示素子1では柔らかい導波路を用いることにより、小さな外力で導波路の変形を生じさせて、導波路中を伝播する光の反射方向を変えることにより、光を取り出す。そのため、エバネッセント波を取り出すよりも、高い取り出し効率を得ることができた。

また、アクチュエータ4に圧電素子を用いているので、高速動作が可能である。そのため、高速の走査が可能であり、高精細の画像表示にも対応できる。

（実施の形態2）

本発明の実施の形態2に係る表示素子11について、図4を用いて説明する。実施の形態2の表示素子11と、実施の形態1の表示素子1とは、アクチュエータが異なる。それ以外の構成は略同一であるので、同一の機能を有する部材には同一符号を付し、説明を省略する。

図4に示しているように、実施の形態2の表示素子11は、光源2と、

光源 2 から出射された光を伝播させる導波路 3 と、導波路 3 を変形させるアクチュエータ 1 4 とを備えている。光源 2 および導波路 3 は、実施の形態 1 の表示素子 1 と同一である。光源 2 は例えば 3 色 LED であって、光源 2 から出射された光は導波路 3 を伝播する。導波路 3 は、コア 3 a とクラッド 3 b を備えていて、クラッド 3 b の反対側は、コア 3 a が露出しているもので、空気がクラッドとなる。なお、実施の形態 2 においては、コア 3 a はシリコーンゲル材料からなる厚み 100 μm の平板とし、クラッド 3 b は透明フッ素系樹脂とし、膜厚 5 μm とした。

アクチュエータ 1 4 は、導波路 3 側面に設置された電極膜 1 4 a と、
10 電極膜 1 4 a に塗布された例えば厚さ 0.1 μm のポリカーボネートの絶縁薄膜 1 4 b と、絶縁薄膜 1 4 b と対向して設置された厚さ 0.15 mm の PET フィルムからなる基板 1 4 d と、基板 1 4 d 上の絶縁薄膜 1 4 b 側に形成された凹凸形状を有する外部電極膜 1 4 c とを有する。凹凸形状を有する外部電極膜 1 4 c は、基板 1 4 d 上に複数あり、外部
15 電極膜 1 4 c ごとに 1 つのアクチュエータ 1 4 が構成されている。電極膜 1 4 a は、導波路 3 (クラッド 3 b) 全面に形成され、各アクチュエータ 1 4 に対して共通である。

上記導波路 3 とアクチュエータ 1 4 の作製方法は、例えば、コア 3 a にクラッド 3 b をコートし、さらに、クラッド 3 b 表面にスクリーン印刷で例えば銀ペーストを塗布して電極膜 1 4 a を形成する。さらに電極
20 膜 1 4 a 上にポリカーボネートを塗布して絶縁薄膜 1 4 b を形成する。また、厚さ 0.15 mm の PET フィルムからなる基板 1 4 d の表面に、鋸歯状の凹凸部 1 4 e をストライプ状にプレス成形により形成する。凹凸部 1 4 e は、例えば、断面が深さが 3 μm で、ピッチが 30 μm とする。この凹凸部 1 4 e 上にアルミ蒸着を施し、例えば、アルミである外部
25 電極膜 1 4 c を形成した。最後に、この基板 1 4 d と導波路 3 とが対

向するように配置した。

このような構成の表示素子 1 1 の動作について説明する。

電極膜 1 4 a と電極膜 1 4 b との間に電圧を印加しない場合、図 4 に示した表示素子 1 1 の両端部のように、凹凸形状の外部電極膜 1 4 c の凸部と絶縁薄膜 1 4 d とが接しているだけである。そのため、導波路 3 の側面は平面である。しかし、電極膜 1 4 a と外部電極膜 1 4 c との間に電圧を印加することで、これらの間に静電力が生じ、お互いに吸引し合う。それにより、図 4 に示した表示素子 1 1 の中央部のように、電極膜 1 4 a と外部電極膜 1 4 c とがくっつき合い、電極膜 1 4 a が外部電極膜 1 4 c と同様な凹凸形状に変形する。また、電極膜 1 4 a は、導波路 3 と密着しているので、クラッド 3 b およびコア 3 a の表面が外部電極膜 1 4 c と同様な凹凸形状に変形する。つまり、導波路 3 の側面が変形する。なお、コア 3 a は特に柔らかいので大きく変形する。これにより、導波路 3 中を全反射しながら伝播している光を、導波路 3 の側面から外部に取り出すことができる。導波路 3 中をコア 3 a の表面で全反射しながら伝播している光 1 2 c を、導波路 3 の一方の側面を変形させることで、実施の形態 1 と同様に、導波路 3 の他方の側面から外部に漏らすことができる。

つまり、コア 3 a 表面の所望の個所が凹凸形状に変形すると、導波路 3 中を伝播してきた光のうち例えば、一点鎖線で表した光 1 2 c は、コア 3 a 表面の角度が変化しているため、全反射したのち導波路 3 の側面（導波路 3 のアクチュエータ 4 が設置されていない側）から導波路 3 外部に出射される。また、例えば、コア 3 a およびクラッド 3 b を透過して、銀である電極膜 1 4 a で反射することにより、散乱反射して導波路 3 の側面導波路 3 外部に出射される光もある。

このようにして、電圧の印加を制御し、導波路 3 に入射する光源 2 か

らの出射光の色を制御することで、表示素子 1 の導波路 3 の側面（表示面 1 a）から所望位置および所望の色の光を取り出して、表示することができる。

5 実際には、3色LEDの光源 2 から光を導波路 3 に入射し、電極膜 1 4 a と外部電極膜 1 4 c との間に選択電圧として+10ボルトを印加し、非選択個所には0ボルトを印加して、線順次走査を行うと、導波路 3 の側面（表示面 1 a）から均一で明るい表示が得られた。低電圧でも、光源 2 の入射光をほぼ完全に外部で取り出すことが可能となり、電力効率の高い表示素子 1 を実現できた。

10 図4の表示素子 1 1 を、図2に示したように、導波路 3 中の光の伝播方向に対して垂直であって、各表示素子 1 1 の表示面 1 a が同一面上にあるように複数並べることで、表示装置 1 0 0 と同様に、表示装置を構成することができる。表示素子 1 1 を画面の列方向に n 列並べて配置し、アクチュエータ 1 4 が導波路 3 の伸びている方向（行方向）に、m 行分配置されている場合の画素数は、 $n \times m$ 個である。

導波路 3 の側面（表示面 1 a）から取り出して、画像表示を行う方法は、実施の形態 1 の表示装置 1 0 0 と同様であるので、説明を省略する。実施の形態 1 の表示装置と実施の形態 2 の表示装置とは、アクチュエータの構造が異なるだけで、他の構造はほぼ同一である。

20 また、実施の形態 2 の表示装置を実際に作動させるためには、図3に示しているように、各光源 2 を駆動させる光源駆動回路 5 0 と、各電極膜 1 4 a および 1 4 c に電圧を印加してアクチュエータ 1 4 を動作させるアクチュエータ駆動回路 5 1 と、これらの回路を同期させて、信号を入力し画像を表示させる制御回路 5 2 とを備えればよい。

25 従来のXYマトリクス型平面表示素子は、行電極と列電極間に光変調媒体を挟む為に、クロストーク現象が発生したりして大型化しにくかつ

た。しかし、実施の形態 1 および 2 の表示装置では、行側、及び列側の駆動回路に電氣的な繋がりが無いので、クロストーク現象は本質的に発生せず、しかも構成が簡易なため、大型化が容易である。しかも、高温プロセスが必要な ITO を特に設ける必要がなく、簡易な構造であるため、フィルムのような薄いフレキシブルな表示装置を実現できる。また、光源として LED のような発光効率の高いものを用いたので、高い光取り出し効率を、低電力のアクチュエータで実現できるため、消費電力も低くすることが可能である。

10 以上のように、実施の形態 1 および 2 の表示素子および表示装置は、柔らかい導波路を用いることにより、壁に掛けるまたは貼れるような大画面、薄型で、かつ発光効率の高い低消費電力の画期的なディスプレイを実現することができる。

なお、実施の形態 1 および 2 では、導波路 3 のコア 3a をシリコーンゲルとした例を記載したが、容易に変形する、いわゆるゴム状弾性を示す透明な素材、例えば、ウレタン系などのゴムでも同様に効果がある。

15 コア 3a としては、ヤング率で 10^6 N/m^2 台より小さい素材がよい。

また、実施の形態 1 および 2 では、コア 3a 全体を同一の素材で構成したが、導波路 3 のコア 3a 表面が変形しやすいければよいので、例えば、導波路 3 の表側を通常のプラスチックなどの硬い素材で構成し、変形する個所にのみ柔らかい層を設ける積層構造としてもよい。また、クラッド 3b を設けずコア 3a のみで構成し、両側のクラッドが空気である導波路 3 を用いてもよい。また、ハンドリングしやすいようにコア 3a の両面にクラッドが設けられた導波路 3 としてもよい。

20

なお、実施の形態 1 および 2 では、導波路 3 は列数分だけ並置し、多数の 3 色 LED である光源 2 を並べた単純マトリクス型の表示装置を示したが、光源の種類やアクチュエータの種類、あるいはこれらの配置な

25

どの構成はこれらに限定されるわけではない。柔軟い導波路 3 を変形させることにより低電力で高い取り出し効率を得ることができる構成であればよい。例えば、導波路 3 を 1 枚の平板にし、光源 2 を 1 つにし、アクチュエータ 4 または 1 4 を画素数分だけ X Y のマトリクス配置にする構成でもよい。この場合、アクチュエータ 4 または 1 4 を駆動するアクティブ素子を各アクチュエータに付加して、画素毎に駆動し、コアが変形する時間を制御して階調表現すればよい。アクティブ素子としては、TFT (Thin Flat Transistor、薄膜トランジスタ) や TFD (Thin Flat Diode、薄膜ダイオード) を用いればよい。

実施の形態 1 および 2 の表示素子および表示装置によれば、導波路 3 中を伝播する光を導波路の側面から取り出す方式の表示素子および表示装置において、光取り出し効率を向上させて、低消費電力化、高輝度化が可能になり、また表示の均一性が改善される。また、100 インチを超えるような大画面でもモバイル向けの小型の画面でも、画面サイズによらずシート状の薄型の表示装置が実現できる。

(実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 に係る表示素子について図 5 を用いて説明する。図 5 は実施の形態 3 に係る表示素子 2 1 の構成を示す断面図である。図 5 に示しているように、表示素子 2 1 は、光源 2 2 と、導波路 2 3 と、導波路 2 3 に対向する対向電極膜 2 5 と、導波路 2 3 近傍に配置された微粒子 2 6 とを備えている。

導波路 2 3 は、光が伝播するコア 2 3 a と、クラッド 2 3 b と、導波路電極膜 2 3 c とを備えている。コア 2 3 a には、例えば素材として非常に柔軟い素材であるアクリル樹脂からなる 100 μ m 厚のシートを用いている。また、コア 2 3 a の片方の表面には、クラッド 2 3 b とし

て屈折率の低い透明なフッ素系ポリマーを $10\mu\text{m}$ の厚みでコートしている。導波路電極膜23cは、ITOであり、コア23aのクラッド23bとは反対側の面に粘着剤で直接貼付されている。クラッド23bは、コア23aの片面にしか設置されておらず、逆の面には、導波路電極膜23cが複数設置されている。導波路電極膜23cはITOであり、導波路23が伸びている方向に沿って複数形成されている。導波路電極膜23cの、導波路23中の光の伝播方向における長さWは、例えば、 $300\mu\text{m}$ である。クラッド23bの反対側のクラッドは空気である。また、導波路電極膜23cは、コアの一部であり、導波路23中を伝播する光は、導波路電極膜23cと空気との界面でも全反射する。なお、クラッド23bを設けない構造でもよい。

光源22は導波路23の端部に設置されていて、光源22から出射された光が導波路23に結合するような向きに、光源22は設置されている。導波路23の入射個所にプリズム22aを設置し、光学的に結合させることが好ましい。なお、光源22は、実施の形態1の光源2と同様とすればよく、例えば、3色LEDを用いることが好ましい。

光源22としては指向性が高いものが、導波路23から効率よく光を取り出すことができるために好ましい。導波路23において、コア23aと空気との界面での全反射角は、約 60° である。図5の断面図には、導波路23での光の伝播の様子が概念的に示されている。

光源22から出射された破線で表した光22bの導波路23への入射角（表示面21aの法線に対する角度）が、実施の形態3における臨界角である 41.8° より小さいと、光22bは導波路23から洩れてしまう。逆に、一点鎖線で表した光22cのように、臨界角 41.8° より入射角が大きくなりすぎると、光22cの進路が導波路23と平行に近づく。それにより、コア23aおよび導波路電極膜23c中で全反射

を繰り返し、その全反射箇所同士の間隔が非常に大きくなり、光を取り出したい箇所を飛び越してしまい、効率の低下および輝度ムラの発生を招く。また、特開平 7-287176 号公報の図 3 にも記載されているように、エバネッセント波の取り出し率が小さくなり効率が低下する。

- 5 これらの理由から、光源 22 から出射される光の導波路 23 への入射角は臨界角 41.8° より大きい、なるべく臨界角 41.8° に近い角度がよく、指向性の高い光源 22 が好ましい。例えば、光源 22 が LED の場合は、モールドするレンズの形状によって指向性を変えることができるので好ましい。そこで、実施の形態 3 では、出射光角度分布の半値幅を約 10° とした 3 色 LED を光源 22 を用いている。

- 10 なお、光源 22 としては、LED 以外では、有機 EL パネルにマイクロレンズアレイを付ける事で指向性を上げものを用いてもよいし、半導体レーザを用いることも可能である。光源 22 を 3 色 LED とすることで、1 本の導波路 23 に 3 色の光を入射させやすくなる。液晶や PDP
- 15 などの従来のディスプレイでは、画素は RGB の 3 原色のサブピクセル 3 つから構成されていたが、このようにすることで、列方向に伸びた導波路 23 は必ずしも色毎に分ける必要はなく、1 本の導波路 23 に 3 原色を入射すれば導波路 23 の数を減らすことができ、コスト低減の効果がある。

- 20 対向電極膜 24 は導波路 23 に対向するように設置されている。例えば対向電極膜 24 は ITO であり、アクリル樹脂の基板 25 上に成膜されている。導波路電極膜 23c と対向電極膜 24 との間隔は、例えば $35\mu\text{m}$ とする。

- 導波路 23 近傍には、微粒子 26 が配置されている。微粒子 26 は、
- 25 導波路電極膜 23c と対向電極膜 24 との間に位置し、アクリル樹脂からなり、帯電している。微粒子 26 の平均粒子径は、例えば、 $6\mu\text{m}$ で

ある。導波路電極膜 2 3 c と対向電極膜 2 4 との間の空間に、充填率が 2 0 % となるように微粒子 2 6 が充填されている。なお、充填率とは、単位体積当たりの微粒子の占有する体積の比である。微粒子 2 6 の占有する体積は、微粒子 2 6 の平均粒子径から求めた微粒子一個当たりの体積に、単位体積当たりの微粒子 2 6 の個数を乗じることで求めることができる。

例えば、選択する導波路電極膜 2 3 c を負とし、対向電極膜 2 4 が正となるように 7 0 V の電圧を印加したところ、微粒子 2 6 は導波路電極膜 2 3 c 表面に接触する。それにより、微粒子 2 6 と導波路 2 3 とが一体化されることになる。つまり、微粒子 2 6 が導波路 2 3 側面の一部となり、導波路 2 3 における導波路電極膜 2 3 c 側の側面の形状が変化することになる。

導波路 2 3 には、光源 2 2 から出射された所望の色の光が伝播している。ここで、導波路電極膜 2 3 c および対向電極膜 2 4 に、電圧を選択的に印加することで、導波路 2 3 の導波路電極膜 2 3 c 側の側面の形状が微粒子 2 6 により変化する。導波路 2 3 の形状が変化することで、伝播状態が変化し、導波路 2 3 中を伝播してきた光が、導波路 2 3 の導波路側面から外部に漏れ出る。微粒子 2 6 の屈折率は、コア 2 3 a もしくはクラッド 2 3 b の屈折率の近傍とすることで、微粒子 2 6 から外部に光を取り出すことができる。例えば、微粒子 2 6 の屈折率は、コア 2 3 a の屈折率とほぼ等しくなるのが望ましい。

このように、微粒子 2 6 と導波路電極膜 2 3 c との接触部分から光が漏れるので、アクリル樹脂の基板 2 5 方向に光を取り出すことができるので、基板 2 5 を表示画面とすることができる。

一方、電界が逆、すなわち導波路電極膜 2 3 c が正で、対向電極膜 2 4 が負となるように 7 0 V の電圧を印加すると、微粒子 2 6 は導波路電

極膜 2 3 c から離れる。そのため、導波路 2 3 中を伝播している光は漏光として取り出すことができず、そのまま導波路 2 3 中を導波するので、表示はされない。

5 このように、個々の微粒子 2 6 が導波路電極膜 2 3 c と接触することにより光が導波路 2 3 の側面から取り出されるので、接触面積が小さく、従来の平板状の圧電素子のように面内全体での接触が不必要となる。そのため、より均一で小さい圧力を導波路 2 3 に与えることができ、さらにその圧力は静電的に与えられていて、制御が可能である。なお、上述の説明では、帯電した微粒子 2 6 を用いたが、他にも、磁性を有する
10 微粒子を用いて、対向電極膜 2 4 と導波路電極膜 2 3 c との間において磁界を制御することで、微粒子 2 6 の導波路 2 3 表面への接触および非接触を制御してもよい。

また、微粒子 2 6 として、蛍光色素であるローダミンを含むアクリル樹脂からなる微粒子 2 6 を用いてもよい。この際、光源 2 2 として、波
15 長 5 2 0 nm の光を出射する緑色 LED を用いて、導波路 2 3 の側面からの取り出された光は、波長 5 8 0 nm のオレンジ光であることが観測された。このように、蛍光色素や蛍光体を含有する微粒子 2 6 と、これらの蛍光色素や蛍光体の励起波長に対応する LED 光源 2 2 とを選択して用いることにより、様々な波長の光を取り出すことができる。また、
20 光源 2 2 として紫外光 LED を用い、PDP で用いられている蛍光体を微粒子 2 6 として用いることにより、単色の LED を光源 2 2 としても、RGB を表示することが可能である。

図 6 を用いて、実施の形態 3 に係る表示装置 3 0 0 について説明する。図 6 は、実施の形態 3 に係る表示装置 3 0 0 の構成を示す斜視図である。
25 上述の表示素子 2 1 を、導波路 2 3 中の光の伝播方向に対して垂直であるように複数並べることで、表示装置 3 0 0 を構成することができる。図

- 6に示しているように、実施の形態3の表示装置300において、表示素子21の導波路23は、画面の列方向（X方向）にn列並んで配置されている。なお、nは自然数である。導波路23の端部には、それぞれ光源22が配置されている。導波路23の側面には、導波路電極膜23cが
- 5 導波路23の伸びている行方向（Y方向）に、m行分配置されている。各表示素子21の対向電極膜24は共通とし、すべての表示素子24の導波路23を覆うように設置されている。また、導波路電極膜23cも同一行については、各導波路23に対して共通としその行を覆うように設置されている。この表示装置300の画素数は、 $n \times m$ 個である。
- 10 実施の形態3の表示装置300は、線順次に導波路電極膜23cと対向電極膜24との間に印加する電圧を制御することで導波路電極膜23cに微粒子26を接触または非接触させて、全反射により導波路23中を伝播する光を導波路23の側面から取り出し、対向電極膜24方向へ出射させる。
- 15 このような構成の表示装置300は、表示画面（XY面）の列方向に伸びた各々の導波路23に対応する3色LEDの各色チップへの印加電圧を、導波路電極膜23cと対向電極膜24とで取り出しを選択した行と交差する画素の色、輝度情報に基づいて制御することにより、任意の画像を表示することができる。
- 20 実施の形態3の表示装置300の構成を示すブロック図を図7に示している。図7は、表示装置300を実際に作動させるための具体的な構造である。表示装置300は、上述した以外に各光源22を駆動させる光源駆動回路60と、導波路電極膜23cおよび対向電極膜24に電圧を印加して微粒子26を導波路電極膜23cに接触あるいは非接触させる微粒子駆動回路61と、これらの回路を同期させて、信号を入力し画像を表示させる制御回路62とを備えている。制御回路62は、微粒子
- 25

駆動回路 61 で選択した行の画素の RGB 各色の輝度情報を、光源駆動回路 60 のドライバー LSI に入力し、光源駆動回路 60 は輝度情報に応じた印加電圧を光源 22 に入力することで、フルカラーの画像表示が可能となる。

- 5 光源 22 として、3 色 LED を用いたので、1 本の導波路 33 に 3 色の光を入射させることができる。それにより、1 つの表示素子 21 つまり、1 行で 3 色の光を表示することができる。液晶や PDP などの従来の表示装置では、画素は RGB の 3 原色のサブピクセル 3 つから構成されていた。しかし、実施の形態 3 の導波路 23 を用いた表示装置では、
- 10 列方向に伸びた導波路 3 は必ずしも色毎に分ける必要はなく、1 本の導波路 23 に 3 原色を入射することができるので、導波路 23（表示素子 21）の数を減らすことができ、コスト低減の効果がある。

（実施の形態 4）

- 本発明の実施の形態 4 に係る表示素子 31 について図 8 を用いて説明
- 15 する。実施の形態 4 に係る表示素子 31 は実施の形態 3 に係る表示素子 21 の導波路 23 の導波路電極膜 23c 設置側表面に、表面張力が比較的大きな塗布材料 37 が塗布されている構成である。塗布材料 37 の表面張力は、具体的には、50 mN/m 以上が望ましい。塗布材料 37 は、
- 20 コア 23a および導波路電極膜 23c を覆っていて、塗布材料 37 は、コアの一部であり、導波路 23 中を伝播する光は、塗布材料 37 と空気との界面でも全反射する。塗布材料 37 以外の部材は同一の機能を示すので同一の符号を付し、説明を省略する。

- 塗布材料 37 は、例えば、グリセリンであって、表面張力は、63.4 mN/m であり、厚さが例えば 2 μ m 程度になるように塗布されている。
- 25 また、微粒子 26 には表面張力の小さい材料を用いることが好ましい。微粒子 26 の表面張力は、具体的には、30 mN/m 以下が望まし

い。

例えば、テフロン（登録商標）（表面張力は、 18.4 mN/m ）からなる微粒子 26 を用いて実際に表示素子 31 を形成した。微粒子 26 の平均粒子径は $6 \mu\text{m}$ とし、導波路電極膜 23c と対向電極膜 24 と間の空間の微粒子 26 の充填率を 20% とした。選択する行の導波路電極膜 23c が負であり、対向電極膜 24 が正となるように 50 V 電圧を印加した。それにより、微粒子 26 が導波路電極膜 23c 表面に接触し、接触部分からの漏光が基板 25 方向に取り出される。一方、電界が逆、すなわち導波路電極膜 23c が正であり、対向電極膜 24 が負となるように 50 V 電圧を印加する。それにより、微粒子 26 が導波路電極膜 23c の表面から離れるため、光源 22 から導波路 23 中を伝播している光を漏光として取り出すことができない。この際に、実施の形態 4 の表示素子 31 においては、少ない電圧で、表示または非表示の切り替えができる。これは、塗布材料 37 であるグリセリンの表面張力が微粒子 26 であるテフロン（登録商標）の表面張力に比べて充分大きいためである。それにより、微粒子 26 と塗布材料 37 との接触面での所謂弾きが大きくなる。弾きとは、微粒子 26 の表面に塗布材料 37 が広がらずに、弾かれる物理現象である。つまり、微粒子 26 と塗布材料 37 との弾きが大きいほうが、微粒子 26 と導波路電極膜 23c との接触における反発が大きい。そのために、微粒子 26 が導波路電極膜 23c から離れやすい。したがって、低い電圧で、微粒子 26 と導波路電極膜 23 との接触および非接触を制御することができる。

このように、微粒子 26 とは表面張力の異なる塗布材料 37 をコア 23a 表面および導波路電極膜 23c に設けたことにより、微粒子 26 の接触制御に必要な電圧を低下させることができた。なお、微粒子 26 の表面張力は導波路 23（導波路電極膜 23c）表面の表面張力と異なれ

ばよい。しかし、微粒子 2 6 の表面張力が導波路 2 3 表面の表面張力よりも小さい構成が一般的である。

図 8 の表示素子 3 1 を、図 6 に示したように、導波路 2 3 中の光の伝播方向に対して垂直であって、各表示素子 3 1 の表示面 2 1 a が同一面上にあるように複数並べることで、表示装置 3 0 0 と同様に、表示装置を構成することができる。表示素子 3 1 を画面の列方向に n 列並べて配置し、導波路電極膜 2 3 c が導波路 3 の伸びている方向（行方向）に、 m 行分配置されている場合の画素数は、 $n \times m$ 個である。

導波路 2 3 の側面（表示面 2 1 a）から所望の光を取り出して、画像表示を行う方法は、実施の形態 3 の表示装置 3 0 0 と同様であるので、説明を省略する。実施の形態 4 の表示装置と実施の形態 5 の表示装置との異なる点は、導波路 2 3 表面に塗布材料 3 7 を設置している点であり、他の構造は略同一である。

また、実施の形態 4 の表示装置を実際に作動させるためには、図 7 に示しているように、各光源 2 2 を駆動させる光源駆動回路 6 0 と、導波路電極膜 2 3 c および対向電極膜 2 4 に電圧を印加して微粒子 2 6 を導波路電極膜 2 3 c に接触あるいは非接触させる微粒子駆動回路 6 1 と、これらの回路を同期させて、信号を入力し画像を表示させる制御回路 6 2 とを備えればよい。

実施の形態 3 および 4 の表示装置では、列方向に伸びた各々の導波路 2 3 に対応する光源 2 2 である 3 色 LED の各色チップへの印加電圧を、導波路電極膜 2 3 c および対向電極膜 2 4 で選択した行と交差する画素の色、輝度情報に基づいて制御することにより、任意の画像を表示していた。しかし、光源の種類や配置などの構成はこれらに限定されるわけではない。例えば、導波路電極膜 2 3 c および対向電極膜 2 4 を画素数分だけ $X Y$ のマトリクス配置にする構成でもよい。この場合は、アクテ

ィブ素子を、導波路電極膜 2 3 c および対向電極膜 2 4 に接続し、画素毎に駆動するようにすればよい。アクティブ素子としては、例えば、T F T や T F D を用いればよい。

実施の形態 3 および 4 に係る表示素子および表示装置によれば、導波路の端面から光を導入し、光導波路コア表面光を取り出す方式の表示装置において、微粒子の接触を制御することにより、光取り出し効率を向上させて、低消費電力化、高輝度化が可能になる。また、表示の均一性が改善される。実施の形態 3 および 4 により、1 0 0 インチを超えるような大画面でもモバイル向けの小型の画面でも、画面サイズによらずシート状の薄型の表示装置が実現できる。

本発明者は、従来構成として、前述の「X. Zhou, E. Gulari, "Waveguide Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators", SID 98 DIGEST, 10-2-2 頁～10-2-5 頁、1 9 9 8 年」と同様の構成で導波路から光を取り出す表示装置を作成した。しかし、導波路の厚みが従来のように画素の幅（光の伝播方向の幅）より厚い構成では、輝度が低く、厚みを薄くするほど明るさが増すことに気が付いた。

この理由は上述の、コアと空気との界面で伝播光が全反射を繰り返す導波路において、全反射個所同士の距離が、導波路の厚みに依存しているからである。例えば反射角 45° で全反射する場合で全反射個所同士の距離は、導波路の厚みの 2 倍になる。そのため、少なくとも導波路の厚みを、光の伝播方向の画素の幅の $1/2$ 以下にしなければならない。こうしないと、全反射個所同士の距離が画素の幅より大きくなって、反射光が画素を飛び越えてしまい、導波路側面から取り出すことができない。

したがって、実施の形態 1～4 の表示素子における導波路の厚みは画素の幅の $1/2$ 以下にするのが取り出し効率の点から好ましく、さらには入射光の角度分布を考慮すると、さらに薄い方が望ましい。なお、具体的には、画素の幅とは、実施の形態 1 および 2 の表示素子においては、
5 図 1 および 2 の電極 4 および 1 4 の導波路 3 の長手方向の長さであり、実施の形態 3 および 4 においては、図 5 および 6 の導波路電極膜 2 3 c 導波路 2 3 の長手方向の長さである。

例えば、導波路 3 および 2 3 の厚さを、画素の幅の $1/4$ 以下にすると、反射角 60° 以下の光をも取り出せるようになる。このような導波
10 路に、指向性の高い LED の光を入射すれば、入射光をほぼ完全に取り出すことができる。一方、導波路 3 および 2 3 の厚みが薄すぎると、導波路 3 および 2 3 で伝播できる光の角度が限定されるシングルモードに近づいてしまう。そのため、伝達できる光量が減少する。さらに、導波路 3 および 2 3 の厚みが薄すぎると、光を入射しにくくなることから、
15 導波路 3 および 2 3 の厚みは少なくとも $30\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

なお、実施の形態 1～4 の表示素子の光源 2、2 2 は、例えば、3 色レーザ (RGB) としてもよい。

20 産業上の利用可能性

本発明の表示素子および表示装置は、大画面でもモバイル向けの小型画面でも、画面サイズによらずシート状の薄型の表示装置に用いられる。

請 求 の 範 囲

1. 光源と、前記光源から出射された光を伝播させる導波路とを備え、
導波路中を伝播している光を導波路側面より外部へ取り出す表示素子で
- 5 あって、
前記導波路側面の形状を変化させることで、前記光を前記導波路側面
から前記導波路外部へ取り出すことを特徴とする表示素子。
2. 前記導波路の形状を変形させる複数のアクチュエータをさらに備え、
- 10 前記アクチュエータを選択的に動作させることにより、前記導波路側
面の形状を変化させて、前記光を前記導波路側面から前記導波路外部へ
取り出す、請求の範囲 1 に記載の表示素子。
3. 前記導波路は、コアおよび前記コアの一つの側面に沿って形成され
- 15 たクラッドを備え、
前記アクチュエータは、前記クラッドに貼付されていて、
前記アクチュエータの変形により、前記導波路側面の形状を変化させ
る、請求の範囲 2 に記載の表示素子。
- 20 4. 前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を
導波路外部へ取り出す、請求の範囲 3 に記載の表示素子。
5. 前記アクチュエータは、前記導波路側面に貼付されていて、
前記アクチュエータの変形により、前記導波路側面の形状を変化させ
- 25 る、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

6. 前記アクチュエータは、圧電素子を含み、

前記圧電素子に電圧を印加することにより、前記圧電素子を変形させて、前記導波路側面の形状を変化させる、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

5

7. 前記アクチュエータは、前記導波路側面に設置された第 1 電極膜と、
前記電極膜に積層された圧電素子と、
前記圧電素子に積層された第 2 電極膜とを備え、

10 前記導波路側面に設置された前記第 1 電極膜と前記圧電素子に積層された前記第 2 電極膜との間に電圧を印加することにより、前記圧電素子を変形させて、前記導波路側面の形状を変化させる、請求の範囲 4 に記載の表示素子。

8. 前記アクチュエータは凸部を備え、

15 前記導波路の側面を前記凸部で押圧することにより、前記導波路側面の形状を変化させる、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

9. 前記アクチュエータは、前記導波路側面に設置された電極膜と、
前記導波路に対向して、近接している外部電極膜とを備え、

20 前記外部電極膜と前記電極膜との間に電圧を印加することにより生じる静電力により、前記導波路側面の形状を変化させる、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

10. 前記外部電極膜は、前記導波路側面側に凸部を有し、前記静電力
25 により、前記外部電極膜の前記凸部が、前記導波路側面を押圧することで、前記導波路の形状を変化させる、請求の範囲 9 に記載の表示素子。

1 1. 前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を導波路外部へ取り出す、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

5 1 2. 前記導波路の少なくとも一部が弾性体からなる、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

1 3. 前記導波路の少なくとも一部が透明なゲルからなる、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

10

1 4. 前記アクチュエータが画素ごとに形成されている、請求の範囲 2 に記載の表示素子。

1 5. 前記導波路は、その側面に導波路電極膜を備え、

15 前記導波路電極膜に対向する対向電極膜と、

前記導波路電極膜と前記対向電極膜間に配置された微粒子とを備え、

前記導波路電極膜と前記対向電極膜との間に電圧を印加することで、

前記微粒子を前記導波路電極膜に接触させて、前記微粒子と前記導波路とを一体化させることで、前記導波路側面の形状を変化させて、前記光

20 を前記導波路側面から前記導波路外部へ取り出す、請求の範囲 1 に記載の表示素子。

1 6. 前記導波路の、少なくともコアの一部が変形することで、前記光を導波路外部へ取り出す、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。

25

1 7. 前記微粒子は帯電している、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。

- 1 8. 前記微粒子は磁性を有している、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。
- 5 1 9. 前記導波路電極膜の表面張力と前記微粒子表面の表面張力とが互いに異なる、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。
- 2 0. 前記導波路電極膜には、塗布材料が塗布されている、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。
- 10 2 1. 前記導波路電極膜および前記対向電極膜が、画素ごとに設けられている、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。
- 2 2. 前記微粒子は、蛍光性を有している、請求の範囲 1 5 に記載の表示素子。
- 15 2 3. 前記光源は、紫外光を発光する、請求の範囲 2 2 に記載の表示素子。
- 20 2 4. 前記光源は、3 色 L E D または 3 色レーザである、請求の範囲 1 から 2 1 のいずれかに記載の表示素子。
- 2 5. 請求の範囲 2 から 1 4 のいずれかに記載の表示素子と、
前記光源を駆動させる前記光源駆動回路と、
25 前記アクチュエータを駆動させるアクチュエータ駆動回路と、
前記光源駆動回路および前記アクチュエータ駆動回路を制御する制御

回路とを備えたことを特徴とする表示装置。

26. 請求の範囲15から23のいずれかに記載の表示素子と、

前記光源を駆動させる前記光源駆動回路と、

- 5 前記導波路電極膜と前記対向電極膜との間に電圧を印加する微粒子駆動回路と、

前記光源駆動回路および微粒子駆動回路を制御する制御回路とを備えたことを特徴とする表示装置。

- 10 27. 請求の範囲14に記載の表示素子と、

前記各アクチュエータをそれぞれ制御するアクティブマトリクス素子とを備えたことを特徴とする表示装置。

28. 請求の範囲21に記載の表示素子と、

- 15 前記各導波路電極膜と前記各対向電極膜間の電圧をそれぞれ制御するアクティブマトリクス素子とを備えたことを特徴とする表示装置。

29. 前記アクティブマトリクス素子は、TFTまたはTFDである、請求の範囲27または28に記載の表示装置。

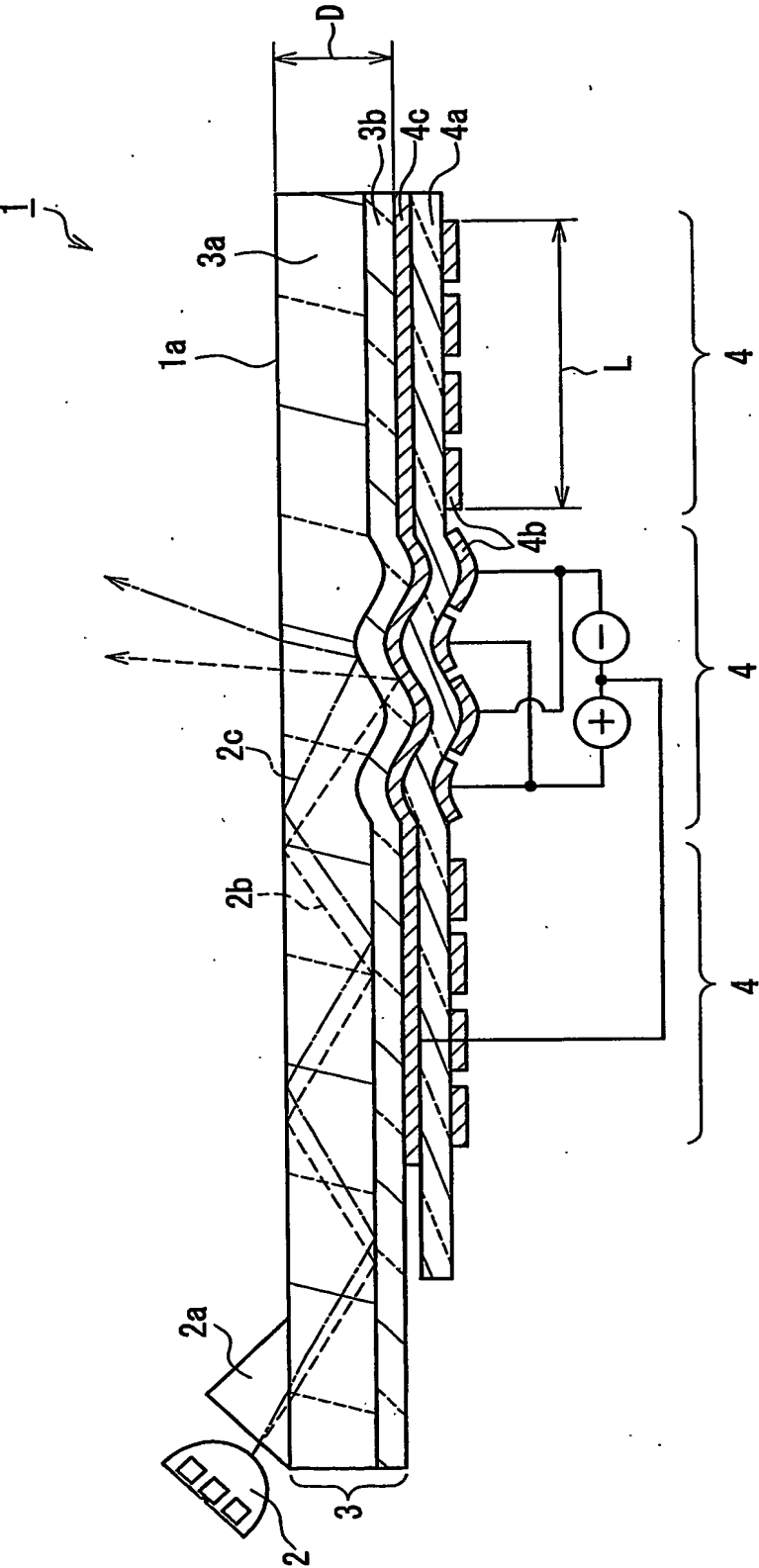


FIG. 1

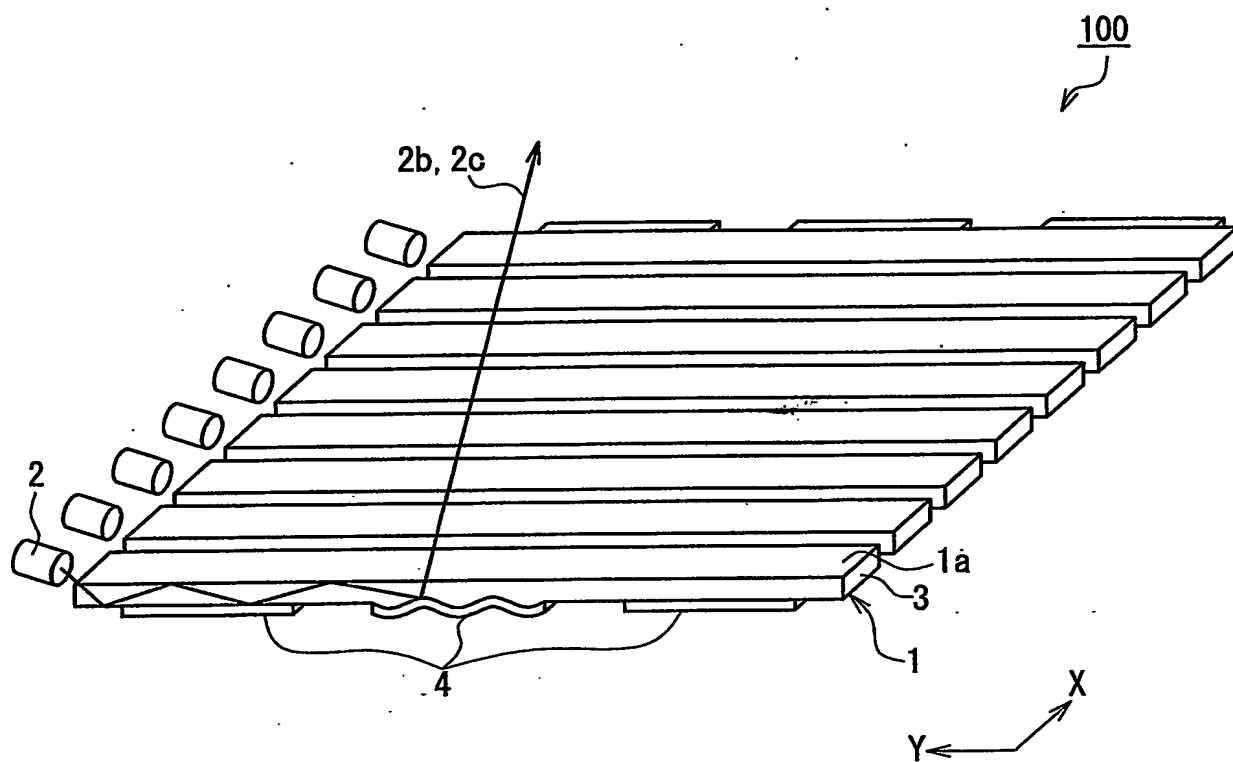


FIG. 2

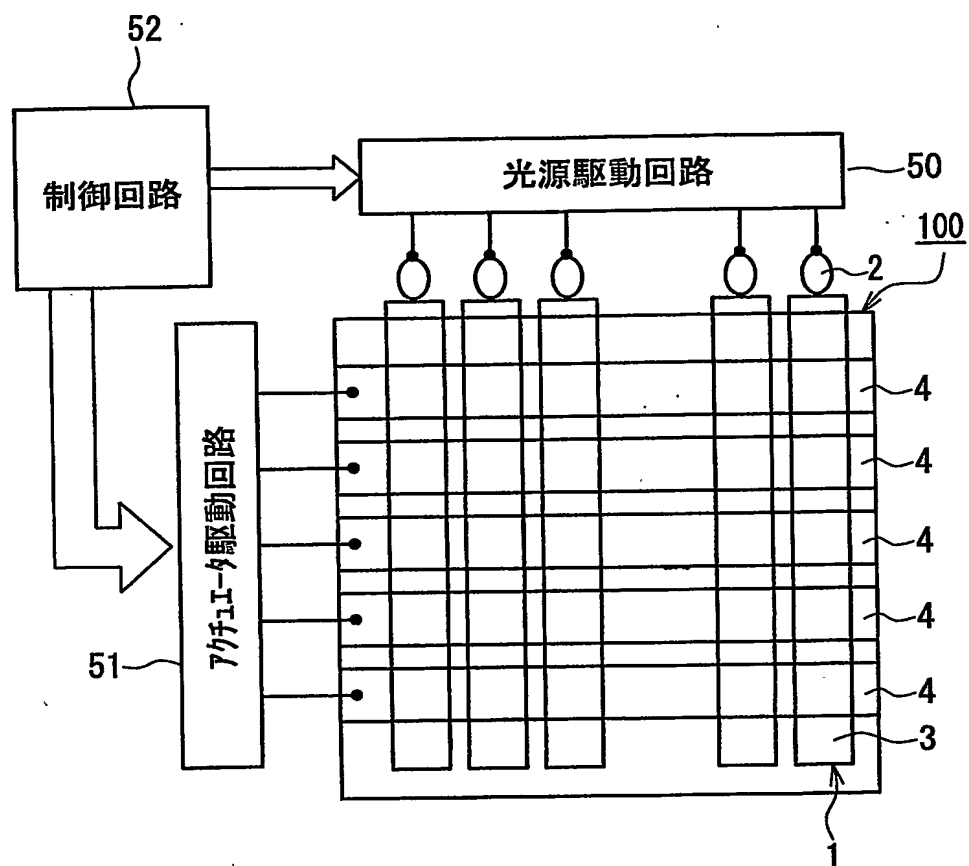
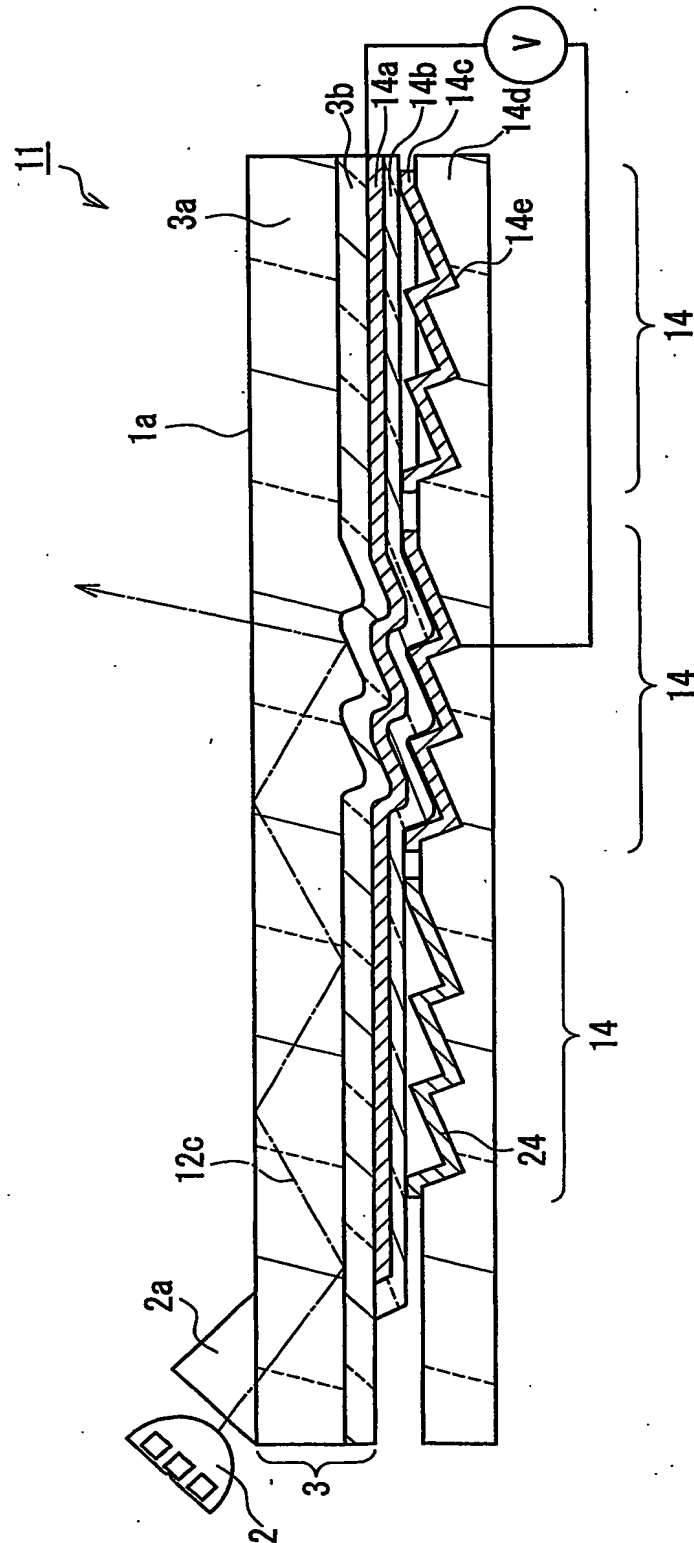


FIG. 3



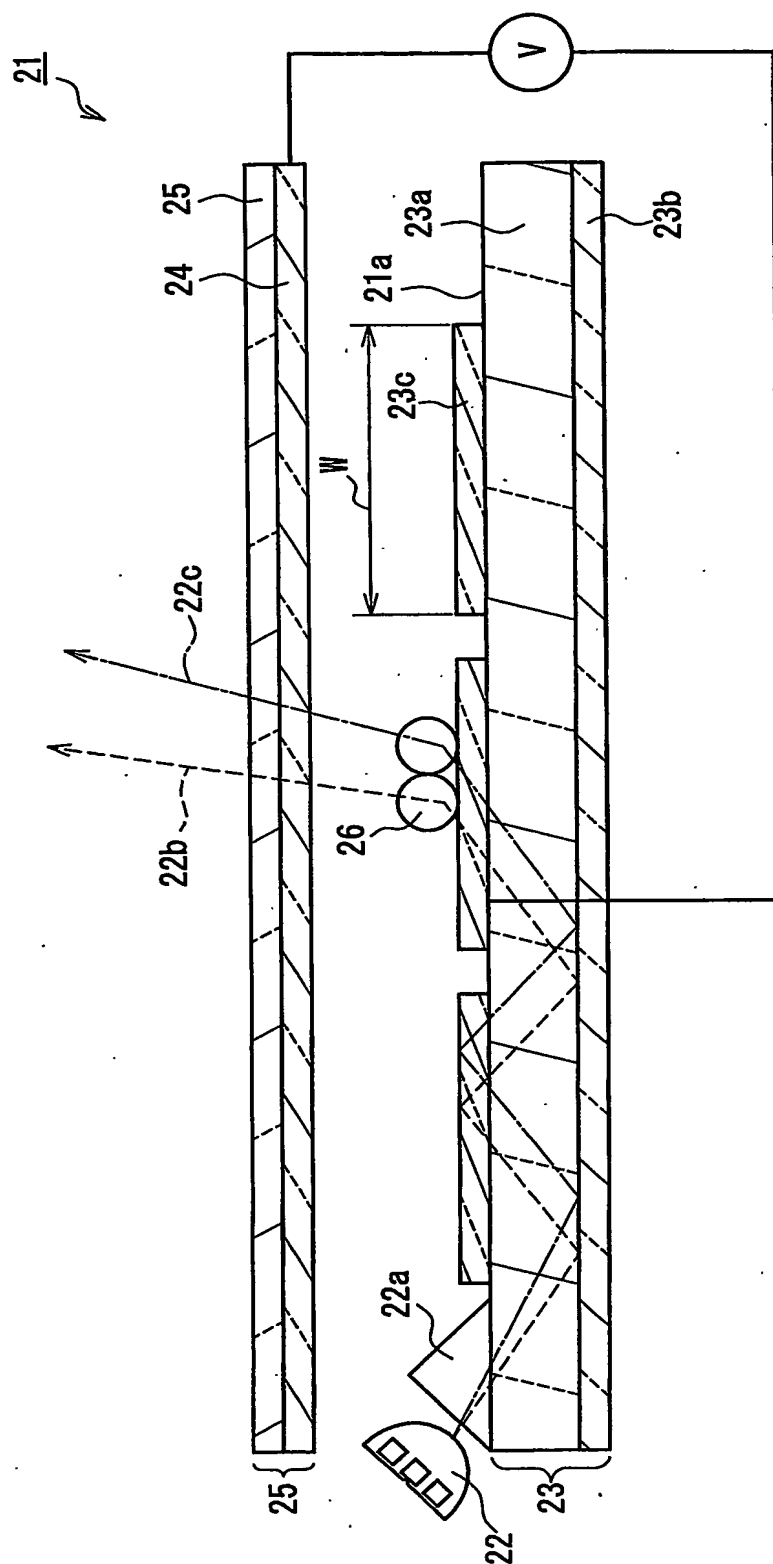


FIG. 5

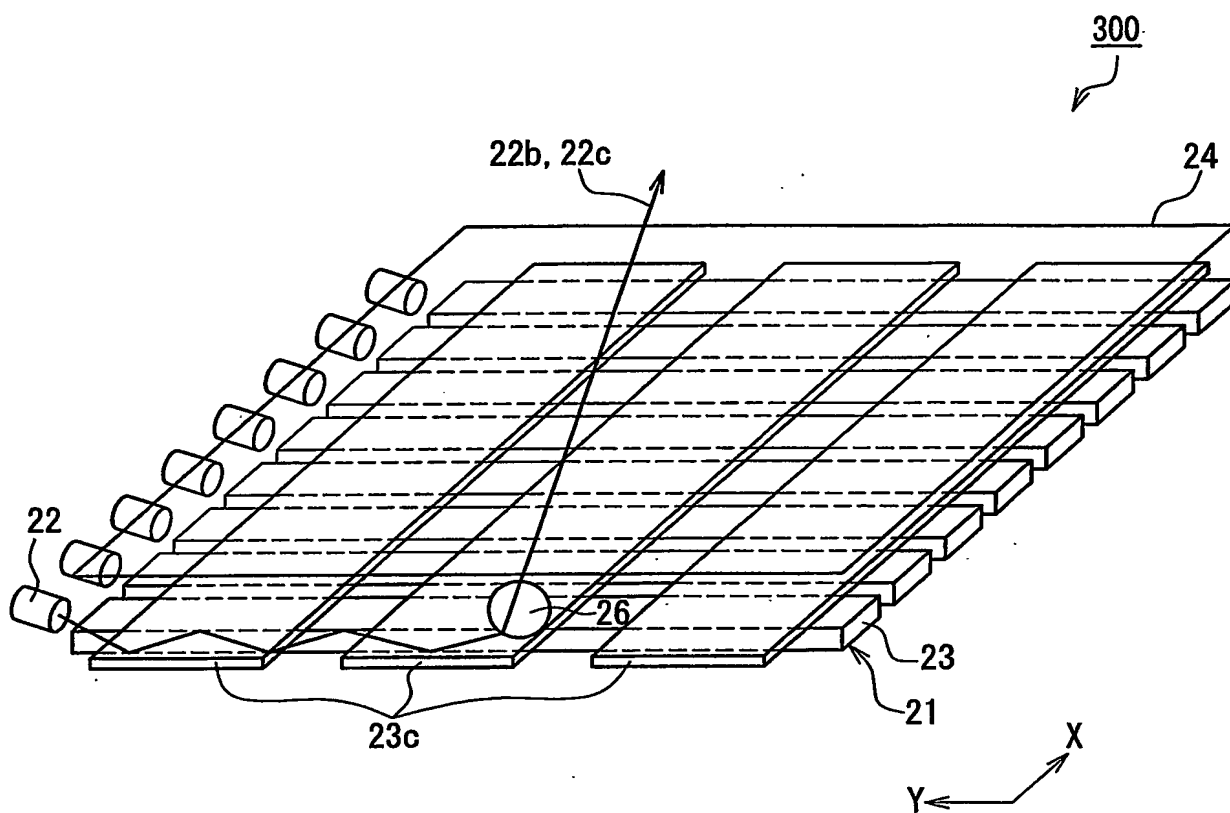


FIG. 6

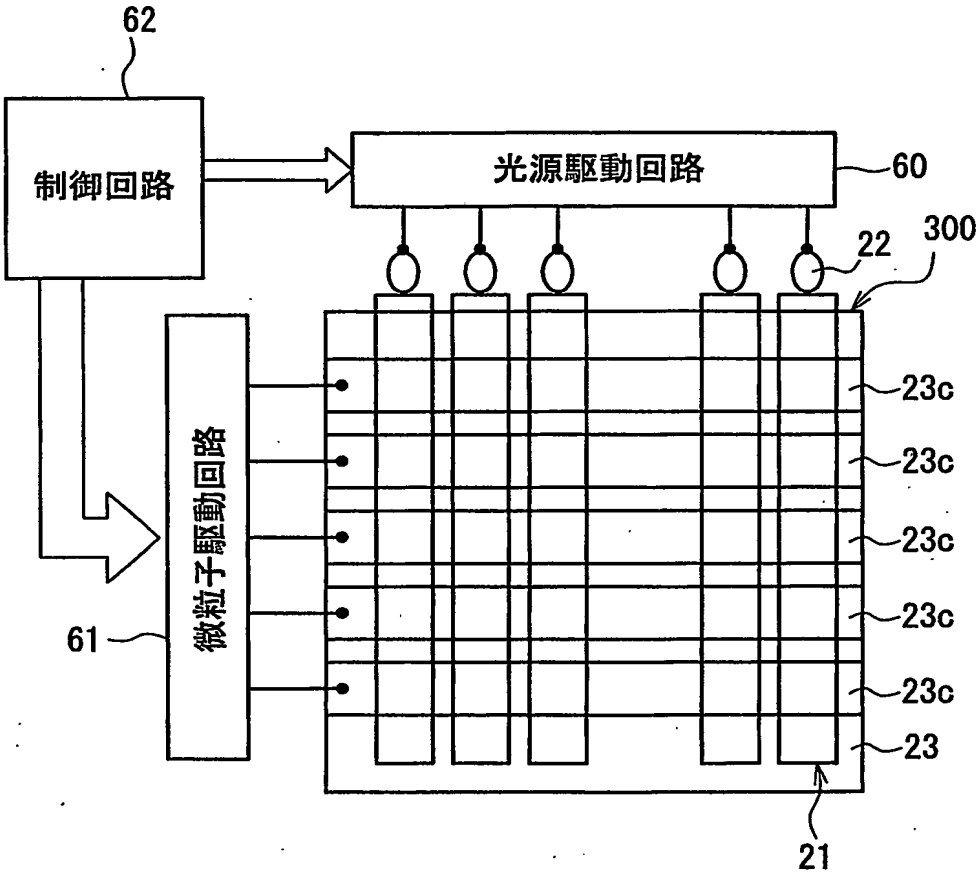


FIG. 7

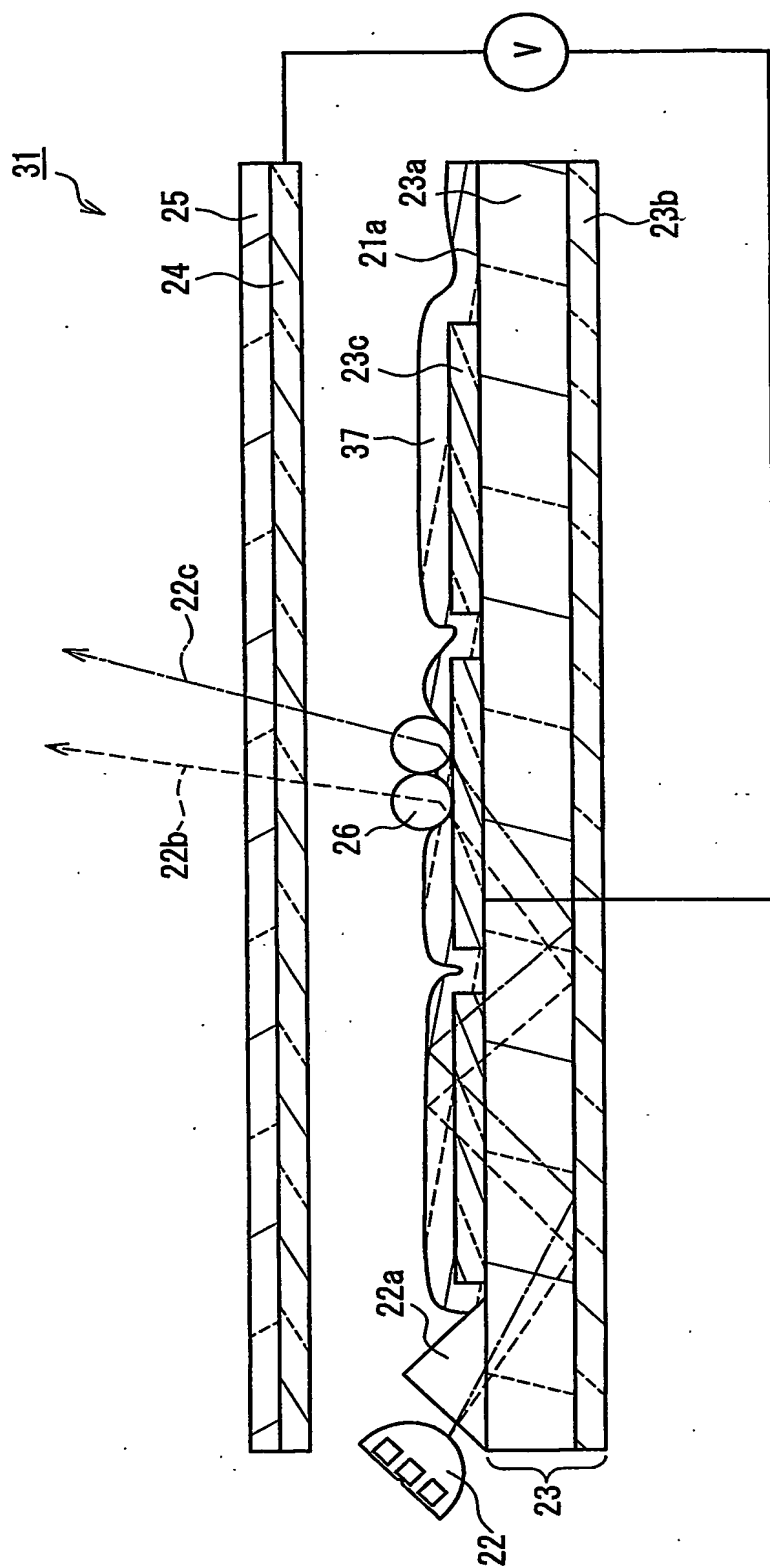


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl⁷ G02B26/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁷ G02B26/00-26/08, G02F1/167-1/19

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5106181 A (MARSHALL ROCKWELL III), 21 April, 1992 (21.04.92), (Full text) (Family: none)	1-14, 24-25, 27, 29
A	JP 54-142089 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 05 November, 1979 (05.11.79), (Full text) (Family: none)	1-14, 24-25, 27, 29
X	US 4218302 A (U.S. PHILIPS CORP.), 19 August, 1980 (19.08.80),	15-18, 21, 26, 28, 29
Y	Fig. 5; column 6, lines 14 to 43	22-23
A	& JP 56-42265 A	19-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 February, 2004 (20.02.04)

Date of mailing of the international search report
09 March, 2004 (09.03.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14047

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1245988 A2 (NGK INSULATORS, LTD.), 02 October, 2002 (02.10.02), Par. Nos. [0083] to [0088] & JP 2002-287042 A	22-23
Y	X.Zhou, E.Gulari, 'Wavelemgth Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators', SID 98 DIGEST, pages 1022 to 1025	24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14047

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:

because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to claims 1-14; 24, 25; 27; 29 and claims 15-23; 26; 28 is substantially "a display comprising a light source and a waveguide for propagating light emitted from the light source and adapted to take the light propagated through the waveguide out of the side face to the outside". However, the common feature is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, since it makes no contribution over the prior art (As prior art documents, JP 11-202222 A, JP 7-287176 A, and SID 98 digest pp.1022-1025 are cited). Therefore, there is no special technical feature common to claims 1-29. Consequently, no technical relationship (Continued to extra sheet.)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/14047

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

between the inventions of claims 1-14; 24, 25; 27; 29 and the inventions of claims 15-23; 26; 28 can be seen.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/14047

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G02B26/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ G02B26/00-26/08, G02F1/167-1/19

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 5106181 A(MARSHALL ROCKWELL III)1992.04.21 (全文)ファミリーなし	1-14, 24-25, 27, 29
A	JP 54-142089 A(日本電信電話公社)1979.11.05(全文)ファミリーなし	1-14, 24-25, 27, 29
X	US 4218302 A(U.S. PHILIPS CORPORATION)1980.08.19 第5図, 第6コラム第14-43行 & JP 56-42265 A	15-18, 21, 26, 28, 29
Y		22-23
A		19-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.02.2004

国際調査報告の発送日

09.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

植田 高盛

2X

2912

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1245988 A2 (NGK INSULATORS, LTD.) 2002. 10. 02 [0083]-[0088] & JP 2002-287042 A	22-23
Y	X. Zhou, E. Gulari, 'Wavelemgth Panel Display Using Electromechanical Spatial Modulators', SID 98 DIGEST pp.1022-1025	24

第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特許請求の範囲 1-14、24-25、27、29 と、特許請求の範囲 15-23、26、28 とは、実質的に「光源と、前記光源から出射された光を伝播させる導波路とを備え、導波路中を伝播している光を導波路側面より外部に取り出す表示装置」である点で共通している。しかし、この点は先行技術の域を出ないから (先行技術として、特開平 11-202222 号公報、特開平 7-287176 号公報、SID 98 Digest pp.1022-1025 を挙げる。) 、PCT 規則 13.2 でいう特別な技術的特徴ではない。それ故、特許請求の範囲 1-29 に共通する特別な技術的特徴はなく、特許請求の範囲 1-14、24-25、27、29 と、特許請求の範囲 15-23、26、28 との間に技術的な関連を見いだすことが出来ない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。